

Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов  
«Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения»

4. Для обеспечения качества питьевой воды при условии невозможности полной защиты р. Томь от загрязнения, необходимо провести предложенный комплекс мероприятий по совершенствованию технологии водоподготовки и транспортировки воды потребителям, а также контролю качества.

Литература.

1. Гуринович А. Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: Планирование, проектирование, строительство и эксплуатация: Монография // Минск: УП «Технопринт. – 2004.
2. Скворцов Л. С., Жмур Н. С. Современное состояние и перспективы улучшения водоснабжения в Российской Федерации // Вестник Российской академии естественных наук. – 2010. – №. 3. – С. 35-39.
3. Коптюг В. А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию // Рио-де-Жанейро, июнь. – 1992. – С. 1992-62.

### ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОБРАБОТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

*С.А. Маринин, аспирант, Я.И. Корнев, к.т.н., с.н.с.*

*Томский политехнический университет, г.Томск*

*634050, г. Томск пр. Ленина, 30, тел. (3822)416976*

*E-mail: fainer@sibmail.com*

Загрязнение водных сред нефтепродуктами является одной из наиболее актуальных экологических проблем современной России. Наряду с крупными предприятиями нефтедобывающей, химической, машиностроительной и других отраслей промышленности, источниками загрязнения являются многочисленные небольшие компании (автозаправочные станции, ремонтные мастерские и пр.). В промышленных сточных водах концентрация нефтепродуктов может достигать десятков миллиграмм на литр, что существенно выше предельно допустимой концентрации (ПДК), составляющей 0,05 мг/л для вод рыбохозяйственного назначения.

Известно, что нефтепродукты в сточных водах могут находиться как в растворенной форме, так и в грубодисперсном, тонкодисперсном или эмульгированном состоянии [1]. Традиционно для удаления грубодисперсной фракции нефтепродуктов применяют нефтеловушки, песколовки и отстойники различной конфигурации. Удаление тонкодисперсной фракции нефтепродуктов происходит в процессах флотации, коагулирования с последующим фильтрованием на песчаных нагрузках. Тем не менее, после очистки в воде, как правило, содержится достаточно большое количество растворенных примесей, концентрация которых может составлять единицы миллиграмм на литр. Эффективное удаление из воды растворенных нефтепродуктов является довольно сложной инженерной и научной проблемой, для решения которой необходимо применение современных технологий.

В настоящей работе для деструкции содержащихся в воде растворенных нефтепродуктов используется импульсный коронный разряд (ИКР) в газовой фазе в присутствии капель воды. Известно, что ИКР в воздухе или другом кислородсодержащем газе является источником активных частиц-окислителей: озона ( $O_3$ ), атомарного кислорода ( $O$ ) и гидроксильных радикалов ( $OH$ ) [2]. При этом частицы с высоким окислительным потенциалом (радикалы  $O$ ,  $OH$ ) имеют малое время жизни, не превышающее 200 мкс [3], и их использование в процессах очистки воды достигается только при создании электрического разряда вблизи поверхности раздела фаз «газ-жидкость».

В настоящей работе контакт поверхности воды и плазмы электрического разряда обеспечивается путем подачи в межэлектродный воздушный промежуток капель воды размерами до нескольких миллиметров. Ранее было показано, что в этом случае каналы разряда формируются в газовой фазе, в непосредственной близости или на поверхности капель, что способствует эффективному взаимодействию короткоживущих радикалов с компонентами водных растворов [3]. Ранее метод электро-разрядной обработки воды был успешно применен для удаления из воды органических примесей – фенолов, гуминовых соединений и др. [2]. В настоящей работе исследована возможность применения электроразрядного метода очистки воды от растворенных нефтепродуктов.

В экспериментах использовались модельные растворы нефтепродуктов, приготовленные путем перемешивания 200 г нефти с 35 л водопроводной воды в течение 10 минут с последующим отстаиванием в течение 7 дней для удаления пленок и дисперсных частиц. Концентрация нефтепродуктов в пробах определялась флуориметрическим методом, после экстракции нефтепродуктов гексаном. Для анализа использовался анализатор «Флюорат-02-3М» (Россия). Начальная концентрация нефтепродуктов в полученном модельном растворе составляла от 1,5 до 5,0 мг/л.

Исходные растворы нефтепродуктов объемом 25 л помещались в бак-накопитель. Раствор из бака-накопителя подавался на верхнюю часть установки, где при помощи перфорированной пластины диспергировался в воздухе на капли размером от 1 до 5 мм. Сформированный водо-воздушный поток поступал на систему электродов, где подвергался воздействию импульсного коронного разряда; далее раствор снова поступал в бак-накопитель. Объемная скорость потока раствора составляла 180 и 700 л/час. Обработка раствора проводилась в течение 40-60 мин.

Для формирования импульсов высокого напряжения использовался генератор высоковольтных импульсов, построенный по принципу разряда накопительного конденсатора в нагрузку через быстродействующий магнитный ключ (дрессель насыщения). Амплитуда напряжения разряда составляла 20 кВ, амплитуда тока – 250 А. При этом энергия импульса составляла 0,34 Дж. Частота следования импульсов изменялась от 100 до 900 имп/с.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что аэрация раствора без обработки разрядом приводит к снижению концентрации содержащихся в растворе нефтепродуктов, что объясняется выделением легколетучей фракции нефтепродуктов в газовую фазу. Из графика на рисунке 1 видно, что при расходе обрабатываемого раствора 700 л/час наибольшая скорость удаления нефтепродуктов наблюдается в первые 10 минут обработки воды.

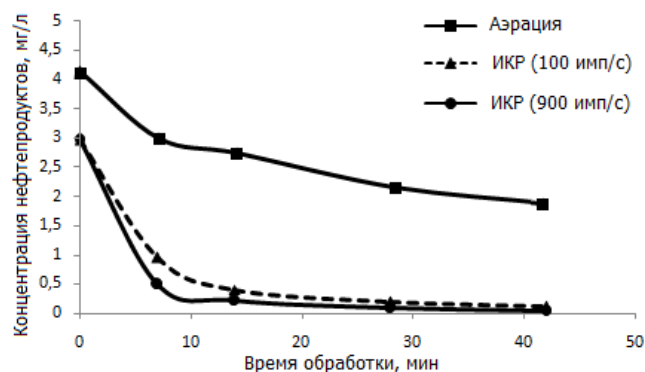


Рис. 1. Зависимость концентрации нефтепродуктов от времени обработки

При зажигании ИКР в межэлектродном промежутке происходит значительное повышение скорости и глубины удаления нефтепродуктов по сравнению с аэрацией. С увеличением частоты следования импульсов со 100 до 900 имп/с, и, как следствие, повышением удельной мощности разряда с 32 до 290 Вт, концентрация частиц-окислителей в зоне реакции заметно возрастает. Об этом косвенно свидетельствует рост концентрации озона в газовой фазе реактора, которая достигает равновесного значения 1,5-2 г/м<sup>3</sup> при частоте следования импульсов 100 имп/с и 5,5-6 г/м<sup>3</sup> при частоте 900 имп/с. При этом увеличение частоты следования импульсов напряжения не приводит к существенному росту скорости разложения нефтепродуктов. Так после 42 минут электроразрядной обработки остаточная концентрация экстрагируемых гексаном нефтепродуктов составила 0,1 мг/л при частоте 100 имп/с и 0,03 мг/л при частоте 900 имп/с. Малое влияние энергетических характеристик разряда на скорость разложения нефтепродуктов говорит о наличии других факторов, лимитирующих скорость окисления в электроразрядном реакторе.

Процесс удаления нефтепродуктов в плазме импульсного коронного разряда протекает в несколько последовательных стадий. Активные частицы-окислители генерируются в газовой фазе, после чего имеет место диффузия окислителей через границу раздела фаз «газ-жидкость» и реакции с растворенными в воде примесями. Оптимизация процессов переноса окислителей через границу раздела фаз имеет первоочередное значение при рассмотрении окислительных процессов в импульсном коронном разряде.

Исследование влияния интенсивности массообмена на процессы удаления нефтепродуктов было выполнено путем варьирования объемной скорости потока воды через установку. Ранее было показано, что с увеличением объемной скорости потока удельная поверхность контакта газа и жидкости в реакторе возрастает практически линейно [4]. В экспериментах было установлено, что увеличение объемной скорости потока раствора через электроразрядный реактор с 180 до 700 л/час при-

водит к росту скорости окисления нефтепродуктов на 20% (рис. 2). Остаточная концентрация нефтепродуктов после 42 минут обработки, составила 0,13 мг/л и 0,03 мг/л соответственно.

Гетерогенный характер реакции и, наблюдаемая в экспериментах, зависимость скорости окисления нефтепродуктов от интенсивности массообмена в реакторе позволяют предположить, что дальнейшее повышение интенсивности массообмена в электроразрядном реакторе приведет к росту энергетической эффективности и скорости разложения нефтепродуктов импульсным коронным разрядом.

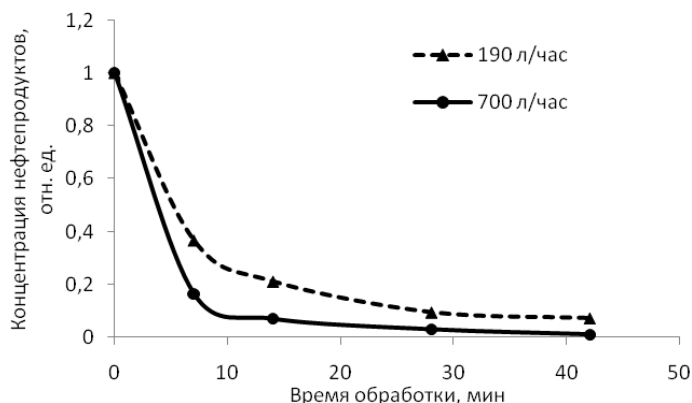


Рис. 2. Зависимости концентрации нефтепродуктов от времени обработки с различными объёмными расходами воды при частоте следования импульсов 900 имп/с

Таким образом, обработка модельных растворов нефтепродуктов импульсным коронным разрядом приводит к снижению концентрации растворенных нефтепродуктов, экстрагируемых гексаном, с 1,5-5 мг/л до 0,03 мг/л, т.е. до уровня, допустимого для вод рыбохозяйственного назначения. Применение электроразрядной технологии является перспективным направлением очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов. Для создания промышленной технологии необходима дальнейшая оптимизация процессов массообмена и энергоснабжения в реакторе импульсного разряда.

#### Литература.

1. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Аналитический обзор. – Н.: СО РАН НИОХ, 1992. – 72 с.
2. Panorel I. C., Kornev I., Hatakka H., Preis S. Pulsed corona discharge for degradation of aqueous humic substances // Water Science Technology: Water Supply. – 2011. – № 2. – Vol. 11. – P. 238 – 245.
3. Kornev, J., Yavorovsky, N., Preis, S., Khaskelberg, M., Isaev, U., Chen, B-N. Generation of active oxidant species by pulsed dielectric barrier discharge in water-air mixtures // Ozone: Sci. Eng. – 2006. – Vol. 28. – No. 4. – P. 207-215.
4. Корнев Я.И., Сапрыкин Ф.Е., Прейс С., Хаскельберг М.Б., Грязнова Е.Н., Шиян Л.Н., Хряпов П.А., Галанов А.И. Применение импульсного электрического разряда для очистки воды от нефтепродуктов // Известия Высших учебных заведений: Физика, 2013. – Т.56. – №7/2. – С. 146 – 152.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КЕМЕРОВСКОГО ООО «КУЗБАССКИЙ СКАРАБЕЙ»

*И.А. Жегло, ст. препод., Г.В. Ушаков, доцент, к.т.н.*

*Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово*

*650099, г. Кемерово ул. Весенняя, 18, тел. (3842)-52-38-35*

*E-mail: ekosys@hotmail.ru*

Кемеровское ООО «Кузбасский Скарабей» – предприятие по производству упаковочного картона, является источником образования сточных вод, содержащих механические примеси. В процессе очистки этих сточных вод образуется осадок, который направляется в отвал, а сточные воды сбрасываются в ливневую канализацию, а затем в реку Томь. Возрастающие требования к защите окружающей среды требуют повышения эффективности очистки сточных вод предприятия, разработки и внедрения процессов переработки и утилизации образующегося осадка.